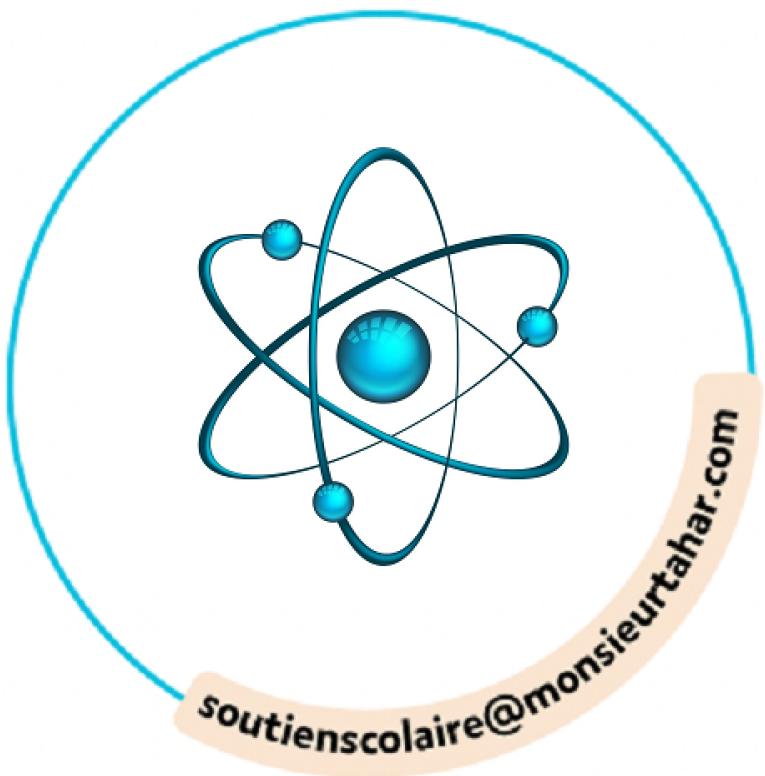


PHYSIQUE-CHIMIE



CHAPITRE 17

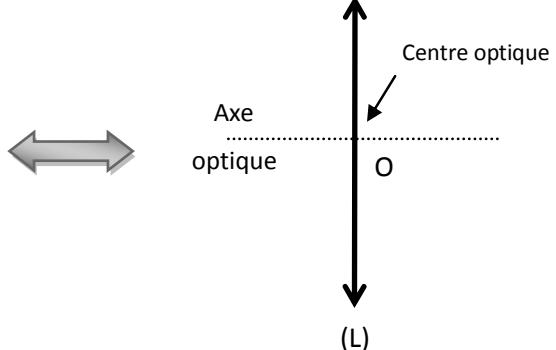
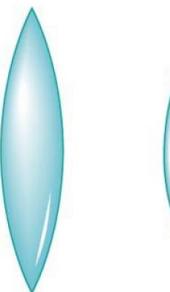
I. RAPPELS DE 1 ère SPECIALITE

1) Présentation des lentilles convergentes:

Définition :

Une lentille convergente est un bloc de matière transparente et homogène (verre, eau, certains plastiques,...) à bords minces et centre épais, qui concentre les rayons lumineux issus d'une source de lumière lointaine et grossit les objets proches.

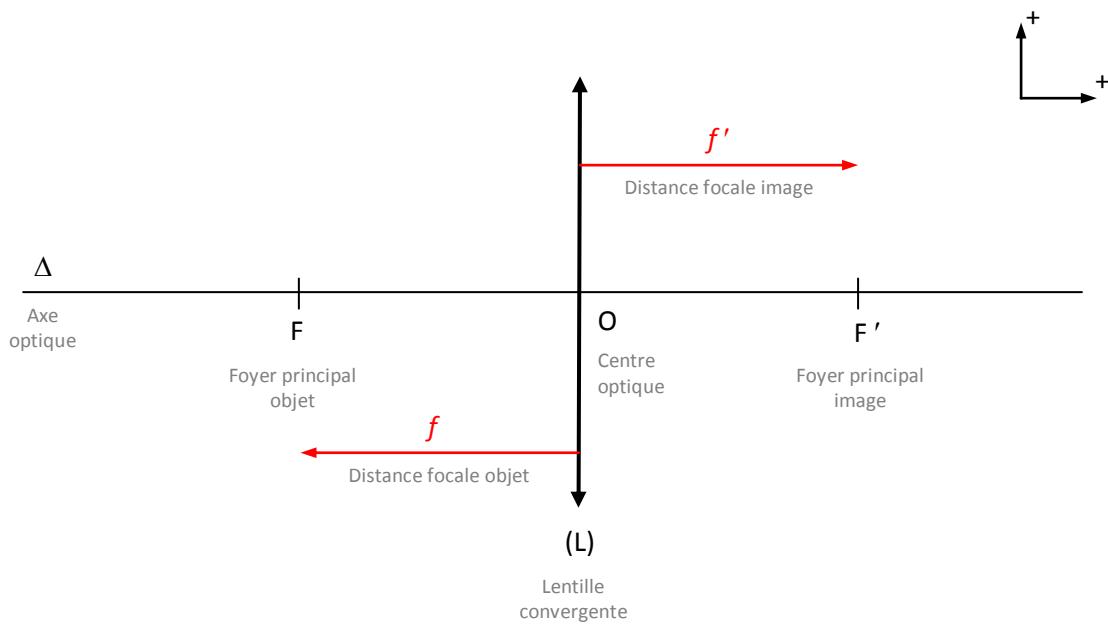
a) Schématisation



b) Caractéristiques

Définitions :

- Le **foyer principal image** F' d'une lentille est le point de l'axe optique où se concentre l'énergie d'un faisceau de rayons lumineux incident parallèles (issus d'une source lointaine) ;
- Le **foyer principal objet** F d'une lentille est le symétrique, sur l'axe optique, du foyer image par rapport à la lentille.



Convention d'orientation :

⇒ En optique géométrique, le sens positif correspond au sens de propagation de la lumière.

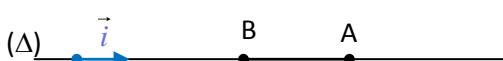
Rappel sur la mesure algébrique :

On considère un axe orienté (Δ, \vec{i}) ; A et B sont deux points de l'axe Δ . Par définition, la mesure algébrique de \overrightarrow{AB} , notée \overline{AB} , est l'unique réel tel que :

$$\overrightarrow{AB} = \overline{AB} \times \vec{i}$$



$$\overline{AB} > 0$$



$$\overline{AB} < 0$$

Définitions :

- La distance focale (image ou objet) représente la distance entre le centre **O** de la lentille et l'un des foyers (**F** ou **F'**). Elle s'exprime en mètre (symbole : m) :

$$\left. \begin{array}{l} f = \overline{OF} \text{ (distance focale objet)} \\ f' = \overline{OF'} \text{ (distance focale image)} \end{array} \right\} f = -f'$$

- Il est fréquent (opticien) de caractériser une lentille par sa **vergence C**, qui est l'inverse de la distance focale et s'exprime en dioptrie (symbole : δ) :

$$C = \frac{1}{f} \quad \left\{ \begin{array}{l} f' \text{ en mètre (m)} \\ C \text{ en dioptrie (\delta)} \end{array} \right.$$

Pour une lentille convergente : $C > 0$

Remarque : Pour une lentille convergente, la vergence $C > 0$.

Exercice :

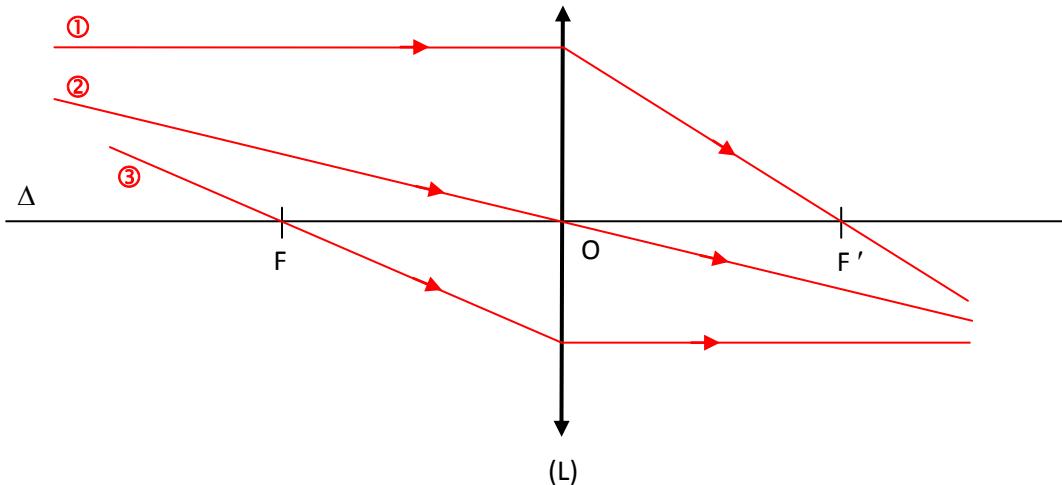
- Calculer la vergence d'une lentille convergente de distance focale $f' = 200$ mm.

Réponse : $C = 5 \delta$.

- Calculer la distance focale d'une lentille convergente de vergence $8,0 \delta$.

Réponse : $f' = 125$ mm.

c) Les rayons caractéristiques

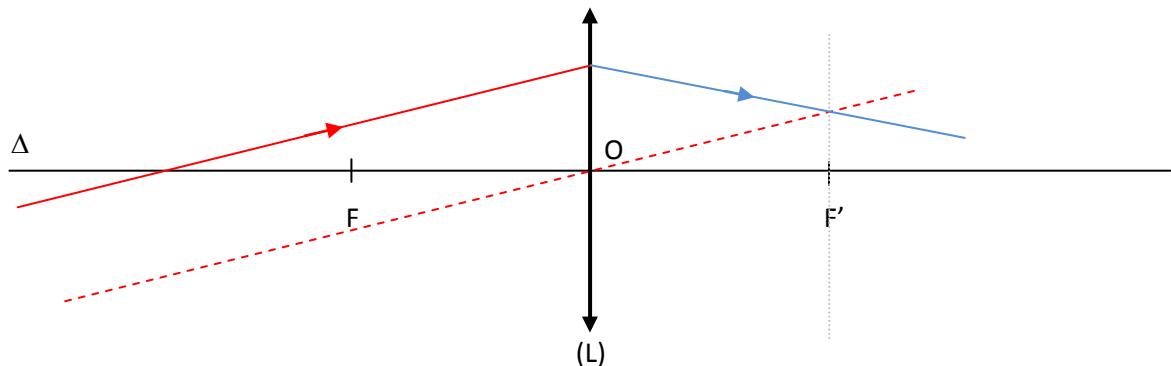


A RETENIR :

- [①] Tout rayon incident parallèle à l'axe optique d'une **lentille convergente** émerge en passant par le **foyer principal image F'** ;
- [②] Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille mince ne subit aucune déviation ;
- [③] Tout rayon incident passant par le **foyer principal objet F** d'une **lentille convergente** émerge parallèlement à l'axe optique de cette lentille.

Exercice :

Construction d'un rayon quelconque :

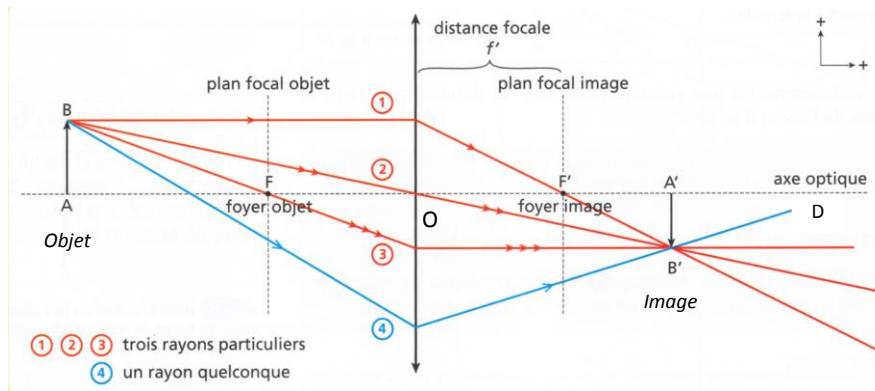


2) Formation d'une image

a) Image d'un objet à travers une lentille convergente

Définitions :

- Un objet** est l'objet lumineux qui envoie ses rayons sur la lentille ;
- Une image** est la représentation lumineuse de l'objet sur un écran (après la lentille).



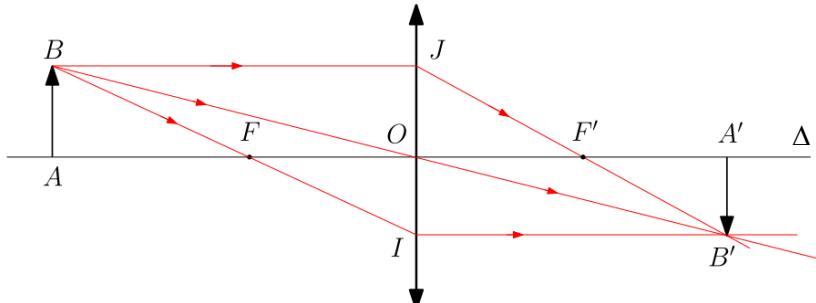
Convention d'orientation : (Voir §1.2)

Les positions de l'objet AB et de son image A'B' (A et A' étant sur l'axe optique) sont repérées par les valeurs algébriques \overline{OA} et $\overline{OA'}$ des distances OA et OA' (voir figure ci-dessus).

- $\overline{OA} < 0$ si le point A est placé avant la lentille ;
- $\overline{OA'} > 0$ si le point A' est placé après la lentille ;
- $\overline{OA'} < 0$ si le point A' est placé avant la lentille.

b) Construction graphique de l'image d'un objet

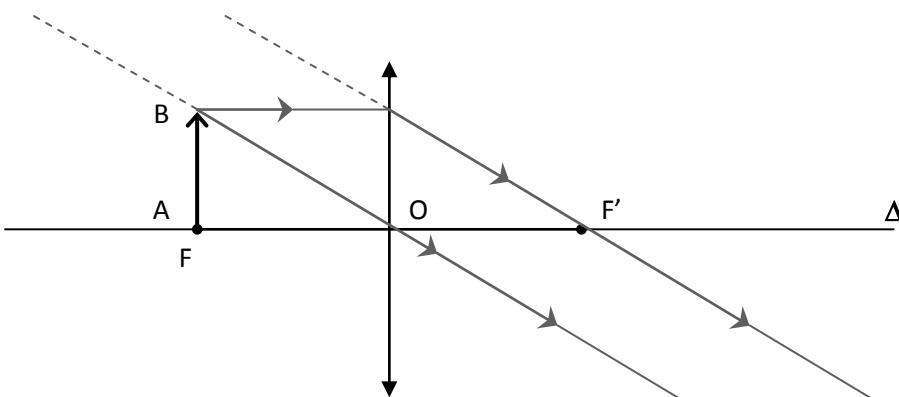
❶ Objet placé avant le foyer principal objet F : $\overline{AO} > f'$



(Δ) : axe optique
AB : objet réel
F : foyer principal objet
A'B' : image réelle renversée
F' : foyer principal image

Exemple : objectif photographique

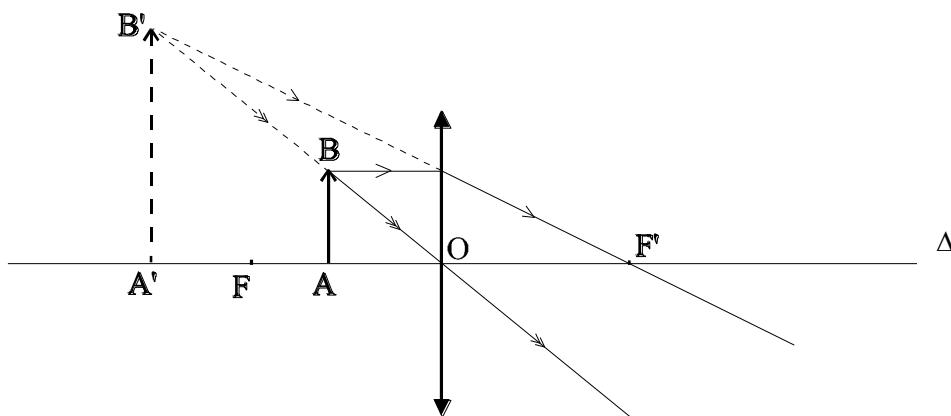
❷ Objet placé au foyer principal objet F de la lentille : $\overline{AO} = f'$



(Δ) : axe optique
AB : objet réel
F : foyer principal objet
A'B' : image à l'infini
F' : foyer principal image

Exemple : le phare (maritime)

❶ Objet placé entre le foyer principal objet F et la lentille : $\overline{AO} < f'$



(Δ) : axe optique
 AB : objet réel
 F : foyer principal objet
 A'B' : image virtuelle droite
 F' : foyer principal image

Exemple : la loupe.

c) Relation de conjugaison

La position de l'image d'un objet par rapport à une lentille mince convergente ne dépend que de la distance focale f de la lentille : il existe une relation liant la position de l'objet et la position de son image (à travers la lentille convergente), cette relation s'appelle **la relation de conjugaison** :

$$\frac{1}{\overline{OA}'} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA}'} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \quad (\overline{OA}', \overline{OA} \text{ et } f' \text{ sont exprimées en m})$$

c) Grandissement

Il existe une relation, appelée **grandissement**, entre la grandeur de l'objet et celle de l'image :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

\Rightarrow Le grandissement n'a pas d'unité donc \overline{OA} et $\overline{OA'}$ doivent être exprimées dans la même unité

Signe de γ	$\gamma < 0$	$\gamma > 0$	Valeur de γ	$\gamma < -1$ ou $\gamma > 1$	$-1 < \gamma < 1$
Sens de l'image	Image et objet sont de sens contraire	Image et objet sont de même sens	Taille de l'image	Plus grande que l'objet	Plus petite que l'objet

Exercice d'application:

Soit une lentille de vergence $5,0\delta$. Un objet AB tel que $\overline{AB} = 2,0$ cm est situé à 30 cm du centre optique de la lentille. Calculer la position de l'image et sa taille. En déduire le grandissement de la lentille.

- Utilisons tout d'abord la formule de conjugaison pour calculer la position \overline{OA}' de l'image :

$$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA}'} - \frac{1}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA}'} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}$$

GROS PIEGE: l'objet se trouve à 30cm mais $\overline{OA} = -30$ cm

$$\Rightarrow \overline{OA}' = \frac{\overline{OA} \times \overline{OF'}}{\overline{OA} + \overline{OF'}} = \frac{-0.30 \times \frac{1}{5,0}}{-0.30 + \frac{1}{5,0}} = 0.60 \text{ m}$$

- Utilisons la formule de grandissement pour calculer la taille de l'image et la valeur du grandissement :

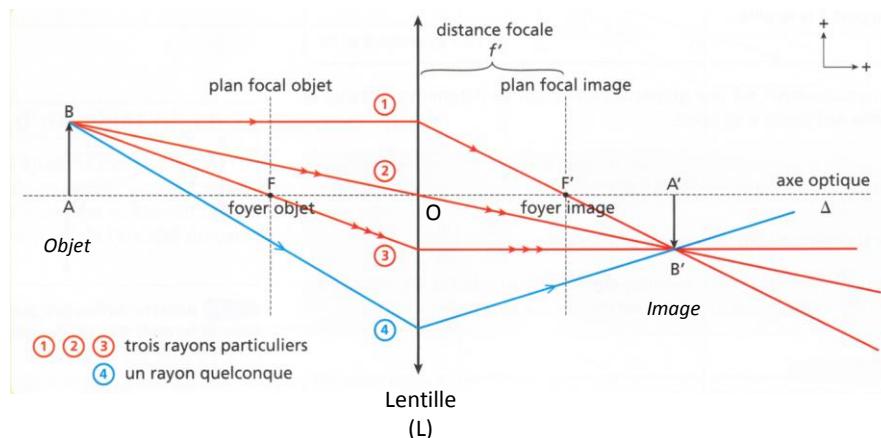
$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \iff \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{OA}}$$

$$\implies \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{0.60 \times 0.020}{-0.30} = -4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Ainsi :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-0.04}{0.02} = -2,0$$

Les lentilles convergentes



Conventions :

- $\overline{OA} < 0$ si le point A est placé avant la lentille ;
 - $\overline{OA'} > 0$ si le point A' est placé après la lentille ;
 - $\overline{OA} < 0$ si le point A' est placé avant la lentille.
- ⇒ En optique géométrique, le sens positif correspond au sens de propagation de la lumière.

- La distance entre O et F' représente la **distance focale (image)** f' , elle s'exprime en mètre (*symbole : m*) :

$$f' = \overline{OF'}$$

- La **vergence V** de la lentille s'exprime en dioptrie (*symbole : δ*) :

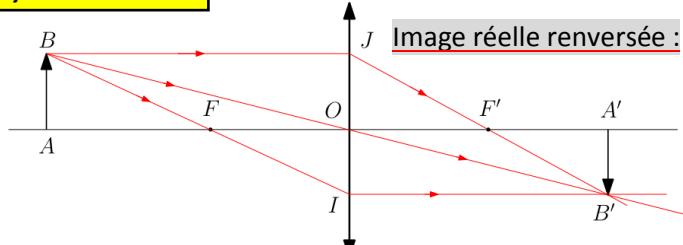
$$C = \frac{1}{f'} \quad \begin{cases} f' \text{ en mètre (m)} \\ C \text{ en dioptrie (\delta)} \end{cases}$$

- Le sens, la taille et la position de l'image donnée par la lentille dépendent de l'objet :

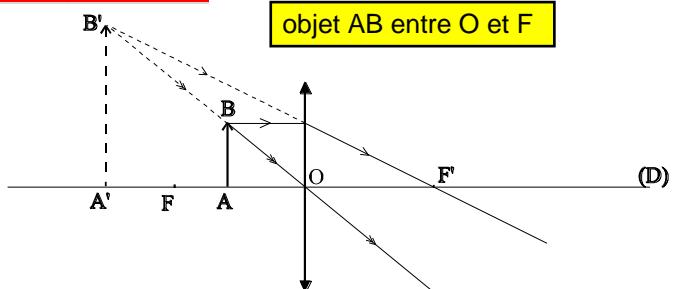
Relation de conjugaison	Grandissement
$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{f'}}$	$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

Image virtuelle (« droite ») :

objet AB avant F

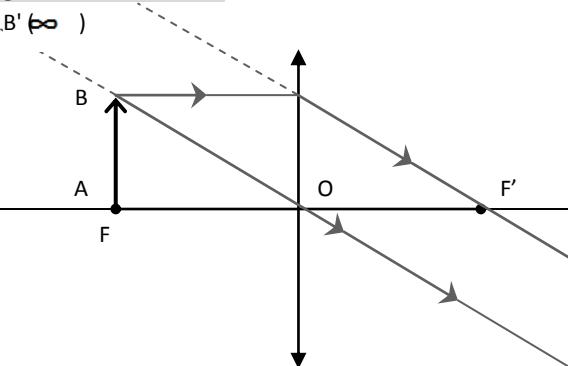


objet AB entre O et F



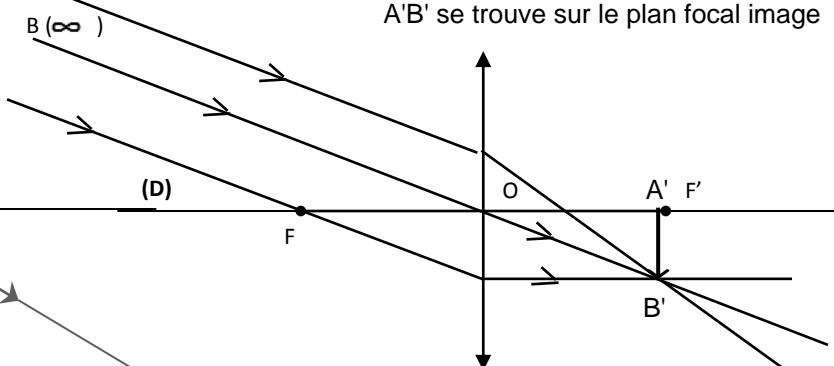
objet AB sur le foyer objet

Image située à l'infini :



objet AB à l'infini

A'B' se trouve sur le plan focal image



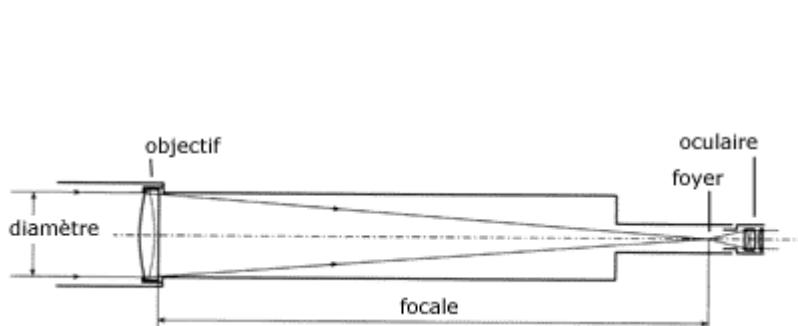
II. LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

1) Présentation

La lunette astronomique est un instrument d'optique permettant d'observer les astres. Elle donne une image agrandie et renversée de l'objet étudiée.

Une lunette astronomique comprend deux systèmes optiques convergents de même axe optique:

- **l'objectif** de très grande distance focale (de l'ordre du mètre) et de grand diamètre pour capter beaucoup de lumière et agrandir l'image;
- **l'oculaire** qui joue le rôle d'une loupe dont la distance focale est de quelques centimètres. Il est mobile par rapport à l'objectif.



2) Caractéristiques de la lunette astronomique

a) Modélisation de la lunette astronomique

On peut modéliser la lunette astronomique par l'association de **deux lentilles convergentes de même axe optique Δ'** .

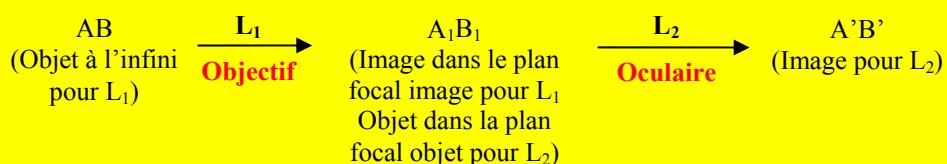
Une des lentilles représente l'objectif (L_1) : son rôle est de grossir une première fois l'objet. On obtient alors une image intermédiaire A_1B_1 .

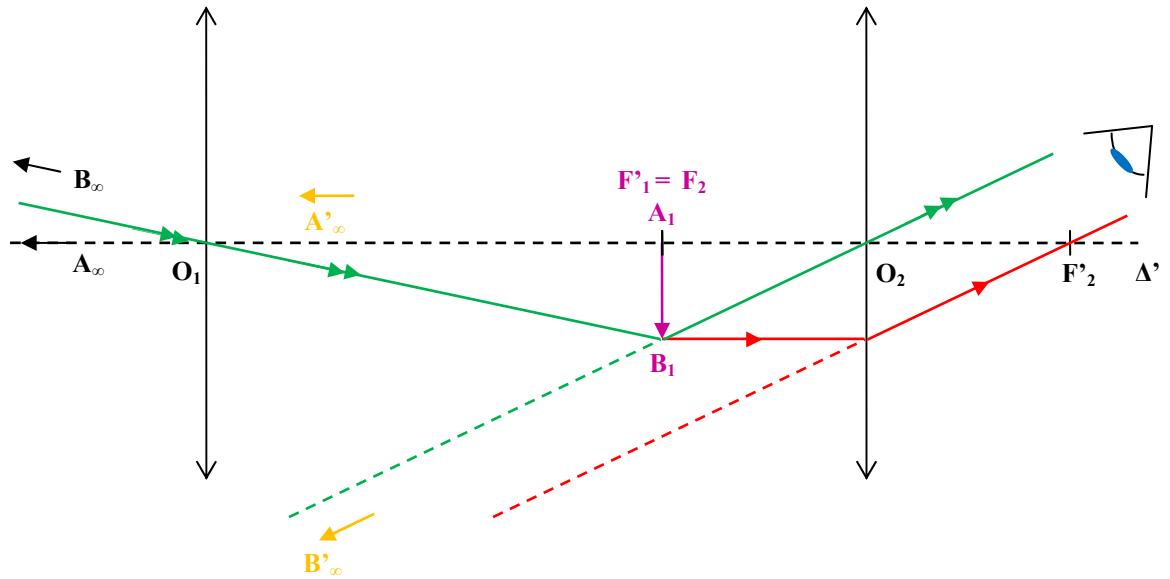
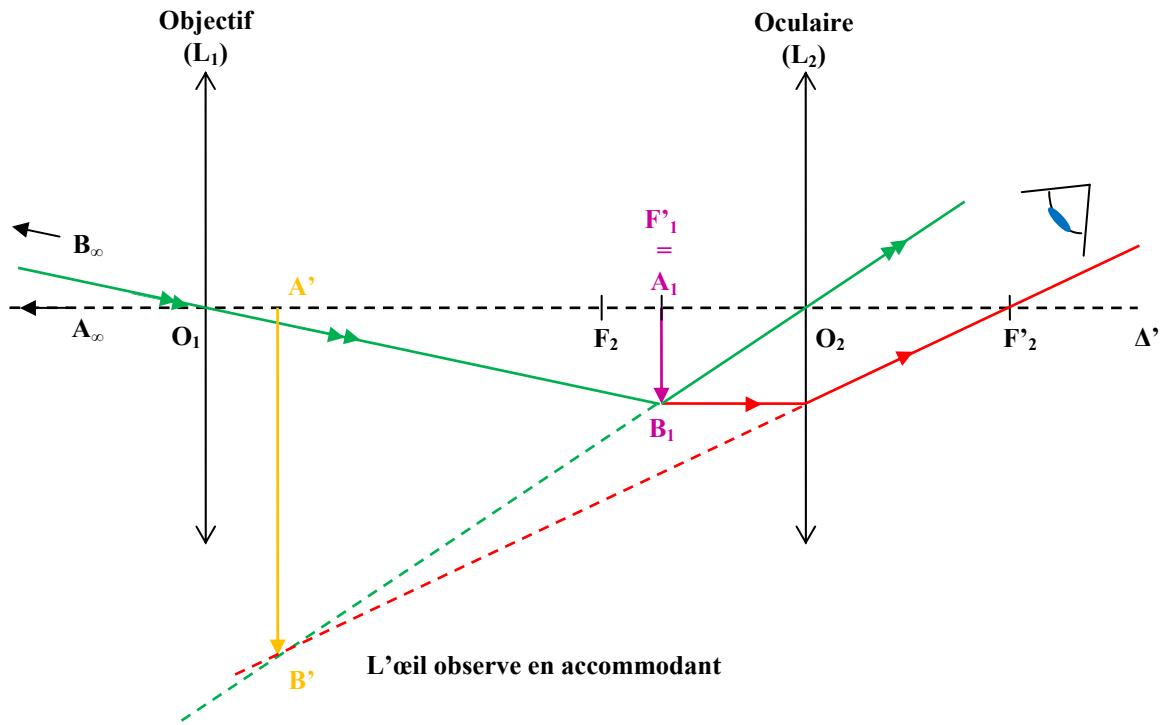
La deuxième lentille représente l'oculaire (L_2) : A_1B_1 est en fait un objet pour l'oculaire et on obtient ainsi l'image définitive $A'B'$. Elle joue le rôle de loupe.

Pour que l'œil observe l'image définitive $A'B'$ sans accommoder il faut que l'image intermédiaire A_1B_1 se trouve dans le plan focal objet de la lentille L_2 (de l'oculaire).

L'objet observé étant situé à l'infini, l'image intermédiaire A_1B_1 se trouve dans le plan focal image de la lentille L_1 (de l'objectif). Ainsi on aura donc $F'_1 = F_2$ et le système sera qualifié de système **afocal** (car l'image d'un objet situé à l'infini est renvoyée à l'infini).

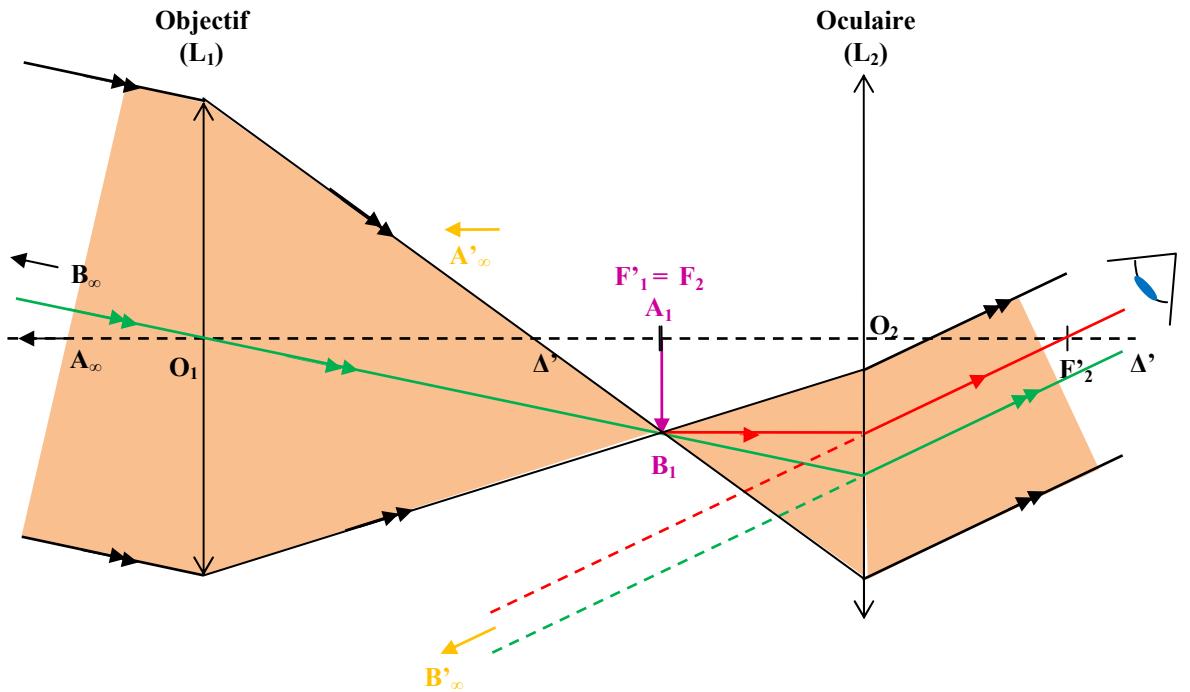
On a ainsi l'enchaînement suivant :





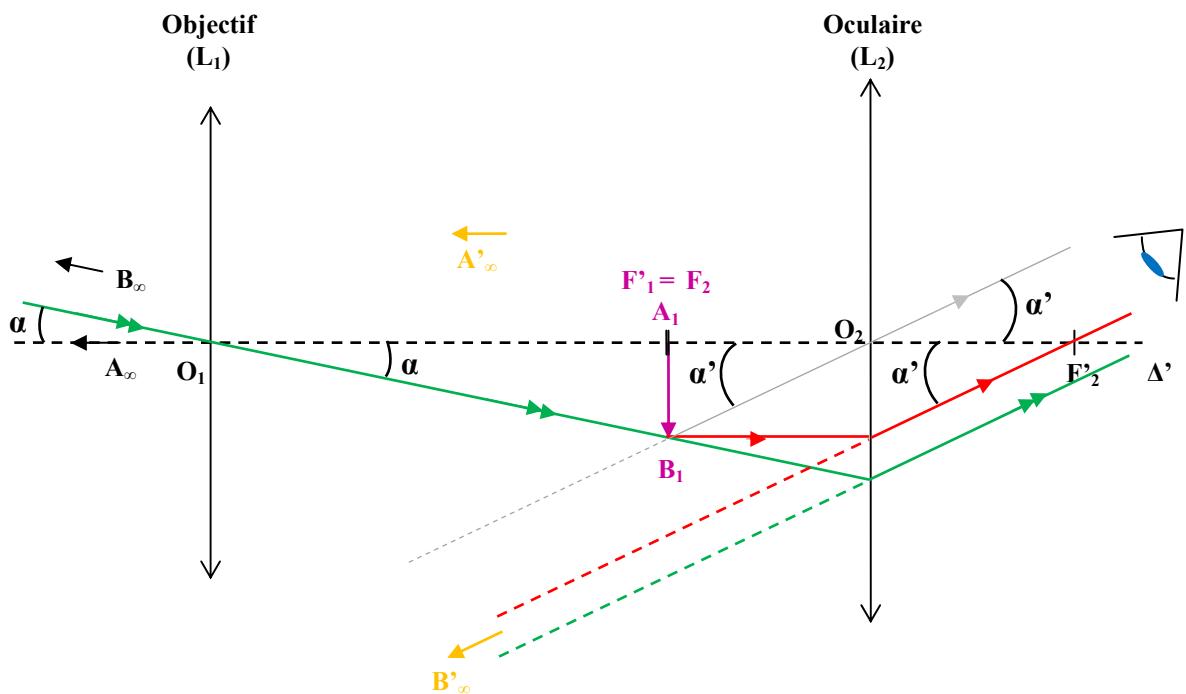
b) Marche d'un faisceau lumineux

Pour tracer la marche d'un faisceau lumineux on trace les deux rayons limites issus du point B s'appuyant sur les bords de l'objectif.



L'œil observe sans accomoder (aucun effort)

b) Grossissement standard de la lunette astronomique afocale



On appelle G le grossissement standard de la lunette, il est défini par le rapport suivant :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

α' : angle sous lequel est vue l'image définitive $A'B'$ à travers la lunette sans accomoder, en rad

α : angle sous lequel est vue l'objet à l'œil nu (c'est son diamètre apparent), en rad

Dans ces conditions on a :

$$\tan \alpha' \approx \alpha' = \frac{A_1 B_1}{O_2 F_2} = \frac{A_1 B_1}{f'_2} ;$$

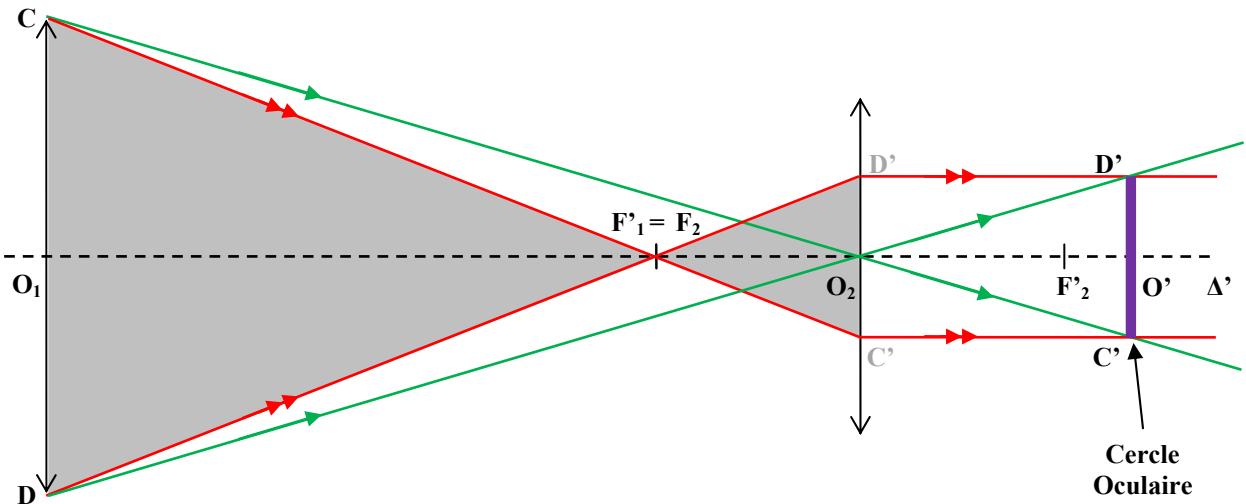
$$\tan \alpha \approx \alpha = \frac{A_1 B_1}{O_1 F_1} = \frac{A_1 B_1}{f'_1} \text{ ce qui conduit à } G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1 B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1 B_1} \text{ soit}$$

$$G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

c) Cercle oculaire

Objectif
(L₁)

Oculaire
(L₂)



Le cercle oculaire correspond à l'image de l'objectif de la lunette à travers l'oculaire.

C'est à cet endroit qu'il faut placer la pupille de l'œil :

- pour recevoir le maximum de lumière ;
- pour avoir la vue la plus étendue possible de l'image.

La position du cercle oculaire se déduit de la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{O_2 O'} - \frac{1}{O_2 O_1} = \frac{1}{f'_2}$$

Le diamètre du cercle oculaire se déduit du grossissement standard de la lunette afocale :

$$G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{O_1 F_1}{O_2 F_2} = \frac{CD}{C'D'} \text{ ainsi on a}$$

$$C'D' = \text{Diamètre du cercle oculaire} = \frac{\text{Diamètre de l'objectif} \times f'_2}{f'_1}$$